Tema 10: GENERALIDADES DE LOS HONGOS

Ahora vamos a ver la biología de los hongos, su morfología, diversidad, funciones ecológicas, relaciones con las plantas, utilidad humana y su importancia en la conservación del medio natural.

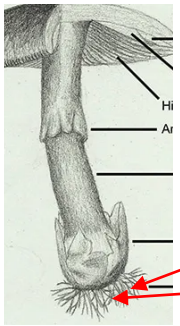
⇒ **DIVERSIDAD Y DESCONOCIMIENTO HISTÓRICO**

- El biólogo ambiental y micólogo **David Hawksworth**, estimó que existen alrededor de **1,5 millones de especies de hongos**, pero que solo se conocen unas 72.000 (~5-7%). Pero Meredith Blackwell, reconocida como una de las micólogas más expertas, aumentó el número de especies a unos **5,1 millones.**
- Esta enorme diversidad ha hecho que los micólogos prioricen la **clasificación taxonómica** por encima de otras ramas como la ecología o la conservación.

⇒ **COEVOLUCIÓN CON PLANTAS**

- Recordemos que la vida procariota terrestre se remonta a 2.600 millones de años, y que desde hace ~1.900 m.a. la coevolución entre **plantas y hongos micorrícicos** fue clave en la colonización terrestre. Por lo que no existirían plantas verdes en la corteza terrestre sin los hongos.
- Hay que destacar el papel de **las levaduras** como hongos unicelulares en los ciclos de la Naturaleza, ya que las levaduras se encuentran comúnmente en la superficie de las frutas, en el suelo y en la corteza de los árboles, donde desempeñan un papel en la descomposición de la materia orgánica, contribuyendo al ciclo de nutrientes. Además de desempeñar un papel importante en parte de la microbiota de plantas y animales.

3. ESTRUCTURA FÚNGICA: MICELIO E HIFAS



- La **estructura fúngica** se refiere a la organización y composición física de un hongo. A diferencia de las plantas o los animales, los hongos tienen una forma de crecimiento y una anatomía distintiva. La unidad estructural básica de la mayoría de los hongos es la **hifa**.
- Las hifas son filamentos delgados y ramificados. Estos filamentos pueden crecer y entrelazarse para formar una red conocida como **micelio**. El micelio es el cuerpo principal del hongo y es la parte que es responsable de su crecimiento, nutrición y reproducción. Puede ser visible a simple vista, como el moho que crece en los alimentos, o puede estar oculto en el suelo o dentro de un sustrato. El micelio puede crecer de forma indefinida en condiciones óptimas.



- Las hifas pueden ser de dos tipos principales en cuanto a su estructura interna:
  - **Hifas septadas:** Tienen paredes transversales llamadas **septos** que dividen el filamento en compartimentos, cada uno con uno o más núcleos. Sin embargo, estos **septos** a menudo tienen poros que permiten el paso de citoplasma, orgánulos e incluso núcleos entre los compartimentos.
  - **Hifas cenocíticas:** No tienen **septos**, lo que significa que son una célula continua y multinucleada.
- Además del **micelio** y las **hifas**, la estructura fúngica puede incluir:
  - **Cuerpos fructíferos:** En muchos hongos, especialmente los que forman setas, el micelio desarrolla estructuras reproductivas visibles sobre el sustrato. Estas estructuras son conocidas como cuerpos fructíferos o carpóforos, y su función es producir y dispersar esporas.

- **Esporas:** Son las unidades reproductivas de los hongos, similares a las semillas en las plantas, que se dispersan para colonizar nuevos sustratos y dar origen a nuevas hifas y micelios.
- **Componentes de la pared celular:** La pared celular de los hongos está compuesta principalmente de quitina, un polímero de carbohidratos, que les proporciona rigidez y protección.

4. DIFERENCIACIONES DEL MICELIO



• **Cordones miceliares**: Los **cordones miceliales** o **cordón de micelios** de los hongos son agregaciones lineales de hifas orientadas en paralelo. pueden tener un aspecto similar a las raíces de las plantas, y también frecuentemente tienen funciones similares; por lo tanto, también se les llama **rizomorfos.**



Esclerocios: Los **esclerocios** son una masa compacta y dura de hifas con una corteza oscurecida (melanizada), capaz de sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables, su nombre es *Claviceps purpurea*, y contamina el centeno y, con mucho menos frecuencia, también la avena, el trigo y la cebada. Es la causante del "fuego de San Antonio" o **Ergotismo** y surgió en la Europa Medieval como consecuencia de intoxicación por consumir pan de centeno contaminados con este hongo conocido como "cornezuelo de centeno". Producía convulsiones y contracción arterial, que podía conducir a la necrosis de los tejidos y la aparición de gangrena, principalmente en las extremidades.

- **Estromas**: Son estructuras compactas de micelio asociadas a la **grafiosis** del olmo. Está causada específicamente por el hongo *Ophiostoma ulmi*. Este hongo bloquea los vasos conductores de la savia en los árboles, causando que las hojas se marchiten y se caigan, y eventualmente, la muerte del árbol. Los árboles afectados por la grafiosis presentan hojas encorvadas y algunas ramas secas. En el interior de las ramas, se pueden observar líneas o manchas de color moreno oscuro, que son los vasos conductores afectados por el hongo. La grafiosis se transmite a través de insectos, principalmente los coleópteros barrenadores del olmo, que se alimentan de los troncos y ramas de los olmos. Los insectos transportan las esporas del hongo de un árbol a otro, causando la infección.





5. MODOS DE VIDA FÚNGICOS

⇒ MICORRIZÓGENOS, SAPRÓFITOS Y PARÁSITOS

Estos términos **micorrizógenos**, **saprófitos** y **parásitos** se refieren a **diferentes tipos de organismos (principalmente hongos)** según su forma de vida y nutrición. Vamos a ver cada uno de ellos:

🔶 **1. Micorrizógenos (formadores de micorrizas)**

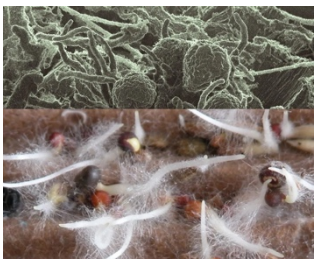
Definición: Son organismos, en su mayoría hongos, que forman una **asociación simbiótica** con las raíces de las plantas. Esta relación se llama **micorriza**.

Características: El hongo ayuda a la planta a absorber **agua** y **nutrientes minerales** (especialmente fósforo y nitrógeno).

A cambio, la planta proporciona al hongo **azúcares y otros compuestos orgánicos** que produce por fotosíntesis. Eso proporciona:

- Beneficio a ambas partes → relación **mutualista**.
- Ser fundamental en los ecosistemas terrestres y en agricultura sostenible.

Ejemplos:



Glomeromycota
(micorrizas arbusculares)



Basidiomycetes* y *Ascomycetes
(ectomicorrizas con árboles)

🔶 2. Saprófitos (o saprobios)

Definición: Son organismos que se alimentan de **materia orgánica muerta o en descomposición**.

Características:

- Son **descomponedores**: reciclan nutrientes en el ecosistema.
- Se encuentran en el **suelo, hojas caídas, madera muerta**, etc.
- Transforman materia orgánica compleja en formas más simples, que otras plantas y organismos pueden reutilizar.

Ejemplos:

- Muchos **hongos del suelo**, como especies del género *Penicillium* o *Mucor*.
- Bacterias saprófitas.
- Algunos **protozoos** y pequeños invertebrados también lo son.

🔶 3. Parásitos

Definición:
Son organismos que viven a costa de otro ser vivo (llamado **huésped**) al que perjudican.

Características:

- El parásito **obtiene nutrientes** del huésped, pero no le ofrece ningún beneficio.
- Esta relación puede ser **letal o debilitante** para el huésped.
- Existen parásitos **externos** (ectoparásitos) e **internos** (endoparásitos).

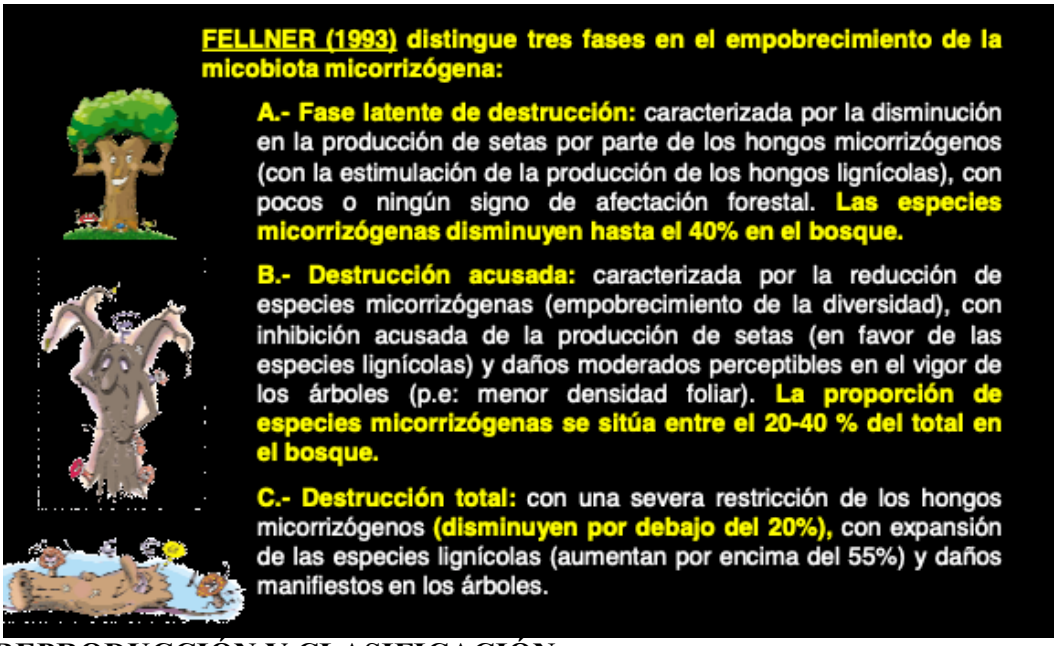
Ejemplos:

- **Hongos fitoparásitos**: *Puccinia* (roya del trigo), *Ustilago* (carbón del maíz).
- **Bacterias y virus patógenos**.
- También animales: piojos, tenias, etc.

✅ COMPARACIÓN RESUMIDA:

TIPO	RELACIÓN CON EL HUÉSPED	FUENTE DE NUTRIENTES	EJEMPLO
Micorrizógeno	Mutualista (beneficio mutuo)	Azúcares de la planta, minerales del suelo	*Glomus*, *Boletus*
Saprófito	Ninguna (organismos muertos)	Materia orgánica en descomposición	*Penicillium*, *Rhizopus*
Parásito	Parásita (perjudica al huésped)	Tejidos vivos del huésped	*Puccinia*, piojos, tenias

- **La evolución del bosque mediterráneo** sin hongos micorrícicos presenta tres fases de empobrecimiento según estudios del Botánico Gonzalo Nieto Feliner:
  - **Fase latente de destrucción:** (↓ producción de setas, sin daño visible).
  - **Destrucción acusada:** (↓ diversidad y vigor vegetal).
  - **Destrucción total:** (expansión de hongos lignícolas y debilitamiento grave de los árboles).



6. REPRODUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Existen dudas fundadas sobre la reproducción sexual de todos los micelios, el motivo es que hay **variaciones importantes en torno a su fructificación o reproducción sexual**, especialmente porque los hongos presentan **una gran diversidad de estrategias reproductivas**, y no todas las especies tienen bien definidos o conocidos sus mecanismos sexuales. Recordemos que el **micelio** es la **estructura vegetativa** de los hongos, compuesta por una red de **hifas** (filamentos). Eso es el equivalente al "cuerpo" del hongo, aunque muchas veces no se vea, ya que suele estar enterrado en el suelo, madera o materia orgánica.

🌱 ¿Todos los micelios fructifican o se reproducen sexualmente?

No necesariamente. Aquí vemos los motivos:

ASPECTO	EXPLICACIÓN
Diversidad de modos de reproducción	Algunos hongos se reproducen exclusivamente por medios **asexuales** (esporas mitóticas, gemación, fragmentación del micelio). Otros presentan **reproducción sexual**, pero solo bajo ciertas condiciones ambientales.
Micelios estériles	Existen micelios que **nunca desarrollan estructuras sexuales** (carpóforos, esporocarpos, etc.). A veces son líneas genéticas que han perdido esa capacidad.
Desconocimiento científico	En muchos hongos —especialmente en grupos como los **Deuteromycota** (hoy obsoletos, pero aún útiles como concepto)— **no se ha observado fase sexual**, aunque podrían tenerla bajo condiciones muy concretas o aún no replicadas en laboratorio.
Condiciones ambientales	La **fructificación sexual depende de factores** como temperatura, humedad, pH, presencia de nutrientes, luz, e incluso la presencia de cepas compatibles.
Reproducción homotálica/ heterotálica	En hongos **homotálicos**, un solo micelio puede fructificar por sí solo. En los **heterotálicos**, se requiere la fusión de micelios compatibles (de diferente tipo de apareamiento). Esto puede limitar la fructificación si no hay pareja adecuada.

🧬 **Ejemplo: Basidiomicetos**

En los **basidiomicetos**, como los champiñones, la reproducción sexual implica:

1. **Plasmogamia**: fusión de dos micelios compatibles.
2. **Dicarionte prolongado**: el micelio resultante tiene dos núcleos por célula.
3. **Fructificación**: se forma un carpóforo (seta).
4. **Cariogamia y meiosis**: en las láminas de la seta se produce la fusión nuclear y luego la meiosis para formar esporas.

Sin embargo, **no todos los micelios llegan a esta fase**, aunque tengan el potencial genético.

⇒ ✅ **Hagamos un pequeño resumen**

- **No todos los micelios fructifican ni se reproducen sexualmente.**
- Algunos hongos **solo tienen reproducción asexual conocida**.
- La **reproducción sexual puede depender de condiciones muy específicas**.
- En muchos casos, **falta de fructificación no implica incapacidad**, sino que puede que no se den los estímulos adecuados o no haya pareja compatible.

⇒ **<u>Es importante tener presente:</u>**

⇒

Hay que huir de diversas clases de mohos.





Pero:
que también hay otros mohos (*Penicillium*) que han salvado y siguen salvando millones de vidas.

7. <u>HONGOS COMESTIBLES Y MICOPROTEÍNAS</u>

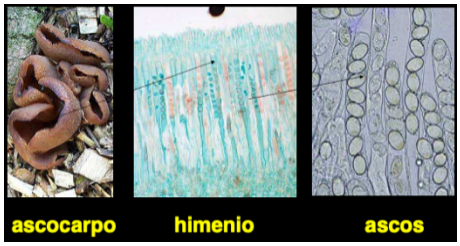
Existen también hongos comestibles con una excelente fuente de nutrientes, incluyendo lo que se conoce como micoproteínas. Estas son proteínas derivadas de hongos, especialmente de tipos filamentosos como *Fusarium venenatum*. Son una alternativa sostenible a la proteína animal, ofreciendo un perfil nutricional completo, rica en aminoácidos, fibra y vitaminas.

Detalles de las micoproteínas:

- **Origen:** Se obtienen de la fermentación de hongos filamentosos.
- **Beneficios:**
  - **Alto contenido proteico:** Similar a la proteína de la carne, pero con un impacto ambiental menor.
  - **Perfil nutricional completo:** Contienen todos los aminoácidos esenciales.
  - **Fuente de fibra:** Aporta fibra dietética, beneficiosa para la digestión y la salud intestinal.
  - **Sostenible:** El proceso de producción es más eficiente y requiere menos recursos que la producción de carne.

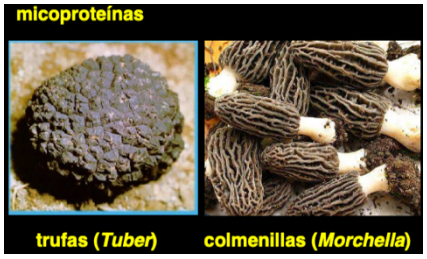
- **Aplicaciones:**
  - **Sustitutos de la carne:** Se utilizan en productos vegetarianos y veganos, como hamburguesas, *nuggets*, y otros análogos cárnicos.
  - **Ingredientes en alimentos:** Se pueden encontrar en una variedad de productos, como sopas, pastas y *snacks*.
- **Ejemplos:** El producto Quorn es un ejemplo de micoproteína ampliamente conocido





Estructuras reproductoras: **ascocarpos**, **himenios, ascos**.

Ejemplos de trufas





Destaca entre todas por su grán valor gastronómico la ***Tuber melanosporum*** (trufa negra).

8. BASIDIOCARPOS Y ESPORULACIÓN

Los términos **basidios, esterigmas y balistosporas** son los componentes clave en el proceso reproductivo de los ***basidiomycotas*** o **basidiocarpio**, uno de los grupos más grandes y conocidos de hongos, que incluye a la mayoría de las setas que vemos en la naturaleza.

Desglosamos su formación y función:

1. Basidios (Basidia)

El **basidio** es la **célula reproductiva sexual microscópica característica de los *Basidiomycota***. Es el sitio donde se produce la **cariogamia** (fusión de los núcleos haploides) y la **meiosis** (división celular reduccional).

- **Formación:** Los basidios se desarrollan a partir de hifas especializadas dentro del **himenio** (la capa fértil del hongo). En la mayoría de los casos, estas hifas son dicarióticas (contienen dos núcleos haploides, n+n, uno de cada progenitor).
  1. **Fusión nuclear (Cariogamia):** Dentro del basidio joven, los dos núcleos haploides (uno de cada tipo de apareamiento) se fusionan para formar un único núcleo diploide (2n). Este es el único estadio diploide en el ciclo de vida del hongo.
  2. **Meiosis:** Inmediatamente después de la cariogamia, el núcleo diploide sufre meiosis. Esta división produce generalmente **cuatro núcleos haploides (n)**.
- **Función:** Los basidios son los "productores de esporas" sexuales. Cada basidio produce generalmente cuatro esporas sexuales externas, conocidas como **basidiosporas**.

2. Esterigmas (*Sterigmata*)

Los **esterigmas** son **pequeñas proyecciones o pedicelos** que emergen de la superficie del basidio.



- **Formación:** Después de que los núcleos haploides se han formado por meiosis dentro del basidio, migran hacia la periferia del basidio. Simultáneamente, el basidio desarrolla estas protuberancias en su ápice o lados.
- **Función:** Cada esterigma sirve como un **pequeño tallo** que soporta y posiciona a una **basidiospora** en su extremo. Son esenciales para la descarga balística de las esporas.

3. Balistosporas (*Ballistospores*)

Las **balistosporas** son el término técnico para las **basidiosporas** que son liberadas activamente de sus esterigmas por un mecanismo de "disparo" o "lanzamiento".

- **Formación:** Se forman en el extremo distal de cada esterigma. Mientras se forman, una gota de agua (llamada **gota de Buller**) se acumula en un lado de la espora en la base del esterigma.
- **Mecanismo de Liberación (Disparo Balístico):** Este es un proceso extraordinario que permite la dispersión eficiente de las esporas:
    1. A medida que la espora madura y la gota de Buller crece, se crea un cambio brusco en la tensión superficial y la presión osmótica en el punto de unión entre la espora y el esterigma.
    2. Cuando la gota de Buller se fusiona con una capa de líquido en la espora, la rápida liberación de energía cinética "dispara" la espora lejos del basidio y el himenio.
    3. Este mecanismo de eyección es increíblemente rápido y eficiente, permitiendo que la espora escape de la capa límite de aire alrededor del cuerpo fructífero y sea capturada por las corrientes de aire para su dispersión.
- **Función:** Las balistosporas son las **unidades de dispersión sexual** de la mayoría de los Basidiomycota. Una vez liberadas y transportadas por el viento (o a veces el agua), si aterrizan en un sustrato adecuado, germinarán para formar nuevas hifas y, eventualmente, un nuevo micelio.

Resumen del proceso:

1. En la capa fértil (himenio) del cuerpo fructífero, los **basidios** maduran.
2. Dentro de cada basidio, dos núcleos se fusionan (cariogamia) y luego el núcleo resultante se divide por meiosis, produciendo cuatro núcleos haploides.
3. Cada uno de estos cuatro núcleos migra hacia una de las cuatro pequeñas proyecciones que brotan del basidio, llamadas **esterigmas**.
4. En el extremo de cada esterigma, se forma una **basidiospora** (que es una balistospora).
5. Mediante el mecanismo de la gota de Buller, las **balistosporas** son disparadas activamente desde los esterigmas y liberadas al ambiente para su dispersión.

Este proceso es una adaptación clave que permite a los Basidiomycota liberar eficientemente sus esporas en ambientes con poca o ninguna corriente de aire, como el interior de un bosque, maximizando sus posibilidades de reproducción y colonización.

- Existe un importante comercio con un valor de mercado alto en la diversidad de especies comestibles género *Lactarius*, además de otras especies destacadas:
    - **Amanita caesarea** (oronja)
    - **Boletus edulis**
    - **Terfezia arenaria** (criadilla de tierra).











10. REGULACIÓN Y CONSERVACIÓN

- Se plantea la necesidad de **carnets para recolectar setas**, como en Italia.
- Se enfatiza la importancia de **respetar la naturaleza** y **recolectar solo lo necesario**.
- Urge una política que garantice la **regeneración de los bosques mediterráneos** y la **conservación fúngica**.



DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA VEGETAL

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ